18.7

ÜBER DIE BESTIMMUNG

DER

LUFTFEUCHTIGKEIT

ZU HYGIENISCHEN ZWECKEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHÜLFE

DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

GEORG-AUGUSTS-UNIVERSITÄT ZU GÖTTINGEN

VORGELEGT VON

THEODOR DENEKE,

APPROBIRTEM ARZT AUS CELLE.

LEIPZIG.

VEIT & COMP.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154024_0247

Bei der hygienischen Prüfung von Heizanlagen stellt sich gewöhnlich das Verhalten der Luftfeuchtigkeit als der wunde Punkt heraus, welcher Aenderungen und Verbesserungen erheischt. Die Beurtheilung des Wassergehalts der Luft in geheizten Räumen ist daher eine der häufigsten Aufgaben, welche der praktischen Hygiene gestellt werden und man sollte glauben, dass wir dementsprechend über sichere und bequeme Methoden verfügen, um die Messung der Luftfeuchtigkeit auszuführen und dass wir längst bestimmte Normen festgestellt haben, nach denen wir unser Urtheil formuliren können.

In Wirklichkeit ist dies aber nicht der Fall. Wir haben vielmehr bei der Bestimmung und Begutachtung der Luftfeuchtigkeit noch fortwährend mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen, und der Umstand, dass so viele Heizanlagen gerade in Bezug auf die Luftfeuchtigkeit Mängel zeigen, wird gewiss zu einem nicht geringen Theile durch die Schwierigkeiten bedingt, die sich einer Normirung und Prüfung dieses Faktors entgegenstellen.

Um ein rasches und sicheres Urtheil über die Luftfeuchtigkeit eines Raumes zu ermöglichen, sind offenbar folgende Bedingungen zu erfüllen: 1. Zur Messung des Wassergehalts muss uns ein handlicher und nicht leicht veränderlicher Apparat gegeben sein, der in kurzer Zeit ein möglichst genaues Resultat liefert. 2. Die Ergebnisse der Messung müssen in einer Maasseinheit ausgedrückt werden, welche die directe Vergleichbarkeit verschiedener Resultate gestattet und welche ausserdem den hygienischen Bedürfnissen dadurch Rechnung trägt, dass sie den eigentlich schädigenden oder bekömmlichen Einfluss der Luftfeuchtigkeit berücksichtigt. 3. Das normalerweise zu verlangende Maass von Luftfeuchtigkeit bez. die Grenzen innerhalb

deren dieses Maass ohne Beeinträchtigung des Wohlbefindens schwanken darf, müssen so exact wie möglich festgestellt sein.

In Folgendem habe ich darzulegen versucht, dass wir alle diese drei Forderungen bisher entschieden nicht als erfüllt ansehen konnten, dass es aber durch Aenderung unserer Messungsmethoden und durch Einführung einer anderen Maasseinheit leicht gelingt, bessere Unterlagen für die Beurtheilung der Luftfeuchtigkeit zu beschaffen.

I. Welche Methode zur Messung der Luftfeuchtigkeit ist in der hygienischen Praxis am besten brauchbar?

Die gebräuchlichen und von den Meteorologen als zuverlässig befundenen Methoden zur Messung der Luftfeuchtigkeit sind: 1. Die Wägungsmethode, 2. die Thaupunktsbestimmung mit dem Regnault'schen Hygrometer, 3. die Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit durch Haarhygrometer, 4. die Messung mit dem August'schen Psychrometer. Die unzähligen neuerdings empfohlenen auf anderen Principien oder Constructionen beruhenden Hygrometer und Hygroskope, über deren allgemeine Brauchbarkeit von meteorologischer Seite noch kein definitives Urtheil abgegeben ist, wurden im Folgenden nicht berücksichtigt. — Eine Vergleichung jener vier gebräuchlichen Methoden ergiebt für jede derselben gewisse Vortheile und Nachtheile, welche eine Verwendung zu hygienischen Zwecken empfehlen oder widerrathen.

1. Am genauesten wird der in der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf gemessen durch die Wägungsmethode, welche zuerst angegeben wurde von Brunner,[1] aber erst durch Regnault[2] ihre volle Bedeutung erhielt. Der dazu gehörige Apparat darf, namentlich seit Regnault mittelst dieser Methode seine grundlegenden Untersuchungen über die Spannung des Wasserdampfs in der Luft ausführte, als bekannt vorausgesetzt werden.

Die Verwerthbarkeit des Regnault'schen Verfahrens für die hygienische Praxis wird leider von vornherein fast unmöglich gemacht durch die Schwerfälligkeit des zugehörigen Apparates und durch die Schwierigkeiten der Benutzung. Der Aspirator, der zu zwei Versuchen 30 bis 40 l Wasser enthalten muss, sowie die grössere Zahl genau gewogener Absorptionsröhren sind für einen mehrfachen Transport ungeeignet. Die Aufstellung erfordert jedesmal grosse Sorgfalt, der Beob-

[1] C. Brunner, Ueber die Bestimmung des Wassergehaltes der Atmosphäre. Poggendorff's *Annalen*. 1830. Bd. XX. S. 274.

[2] M. V. Regnault, Etudes sur l'hygrométrie. *Annales de chimie et de physique*. 1845. III. Série. T. XV. p. 129.

achter muss während des längere Zeit dauernden Versuchs anwesend sein um wiederholte Thermometer-Ablesungen zu machen, er muss endlich bei den Wägungen und der Reduction derselben mit grosser Genauigkeit zu Werke gehen. Ueberdies giebt die Methode nicht den Gehalt der Luft an Wasserdampf für einen bestimmten Moment, sondern nur das Mittel für einen längeren Zeitabschnitt; sie befriedigt also keinesfalls den in der Praxis oft hervortretenden Wunsch nach einer Kenntniss momentaner Werthe und zeitlicher Schwankungen.

Für praktisch-hygienische Zwecke ist die Methode daher unbrauchbar; um so höher aber ist der Werth dieses bei exacter Ausführung absolut genauen Verfahrens anzuschlagen, wenn es sich um wissenschaftliche Untersuchungen oder um die Controle anderer, bequemerer Instrumente handelt. Hier ist die Regnault'sche Methode unentbehrlich, und ihre Resultate entscheiden über die Genauigkeit und Zulässigkeit aller übrigen Feuchtigkeitsmesser.

2. Das Regnault'sche Condensationshygrometer bietet ebenfalls ein Mittel zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, das in Bezug auf Genauigkeit kaum etwas zu wünschen übrig lässt und dem vorigen Apparat sehr nahe kommt.

Aber es erfordert zur exacten Handhabung einer Reihe von Bedingungen, die in der hygienischen Praxis nicht leicht erfüllbar sind. Um den ersten zarten Thauniederschlag auf dem durch Aetherverdunstung abgekühlten Silbergefässe hinreichend genau erkennen zu können, muß letzteres ausgezeichnet beleuchtet sein. Da künstliche Lichtquellen, weil sie zu localer Wärme- und Wasserdampfentwicklung Anlass geben, in der Regel nicht verwendbar sind, ist eine correcte Aufstellung des Instruments in dunkler gelegenen Räumen, z. B. in Kellern, tiefen, nach dem Hof gelegenen Zimmern u. s. w., fast unmöglich. Selbst in Räumen mit heller Tagesbeleuchtung giebt das Instrument nicht an jeder Stelle brauchbare Resultate. Ist ein Theil des Raumes etwa von der Sonne bestrahlt oder ist das Zimmer geheizt und wird das Instrument in der Nähe dieser Wärmequellen aufgestellt, so erhält man Zahlen, die nicht als Durchschnittswerthe für den untersuchten Raum angesehen werden können.

Sind ferner stärkere Luftströmungen von etwas wechselnder Temperatur im Zimmer, wie dies bei Luftheizungsanlagen sehr häufig der Fall ist, so wird das Aethergefäß immerfort von verschieden temperirten und verschieden feuchten Luftströmungen umspült, deren jede natürlich ihren besonderen Thaupunkt hat. Die flüchtigen Beschläge, die dadurch auftreten und schnell wieder verschwinden, machen den Beobachter unsicher und lassen schwer einen bestimmten Mittelwerth finden.

Ausserdem dass somit die Aufstellung des Instruments leicht mit

Fehlerquellen behaftet wird, ist auch der ganze Apparat mit Stativ, Fernrohr, Aspirator etc. zu schwer transportabel, um für die hygienische Praxis empfehlenswerth zu sein.

Für bestimmte Zwecke kann die Methode trotzdem ausgezeichnete Dienste leisten. Um z. B. Untersuchungen über die Schwankungen der Feuchtigkeit desselben Raumes innerhalb kurzer Zeiten und unter wechselnden Bedingungen zu machen, steht uns kein empfindlicheres und zuverlässigeres Hygrometer zu Gebote. Auch als Controlinstrument ist es höchst werthvoll, weil es mit der Wägungsmethode die Genauigkeit theilt, leichter zu handhaben ist und diese insofern ergänzt, als seine Angaben für den Augenblick der Beobachtung gelten.

3. Unter den zahlreichen in den letzten Jahren construirten Haarhygrometern verdient das nach Koppe's Vorschrift von Hottinger und Comp. in Zürich angefertigte Instrument schon deshalb entschieden den Vorzug, weil es jederzeit eine einfache Justirung gestattet.

Koppe[1] legt ausserdem mit Recht einen ganz besonderen Werth auf die richtige Behandlung der zu den Instrumenten benutzten Haare und verlangt, dass sie vor der Verwendung zwanzig Mal abwechselnd in ganz trockne und ganz feuchte Luft gebracht werden u. s. w. In der That lauten die über das Hygrometer bekannt gewordenen Urtheile[2] sehr günstig, und man wird dasselbe jedenfalls als den besten und zuverlässigsten Repräsentanten unter den Haarhygrometern betrachten dürfen.

Die leichte Veränderlichkeit aller Haarhygrometer bedingt indessen auch bei dem Koppe'schen Instrument trotz der Möglichkeit einer wiederholten Regulirung eine gewisse Unsicherheit. Die Justirung erstreckt sich nämlich immer nur auf den 100-Procent Punkt; man kann sich aber leicht davon überzeugen, dass, wenn dieser auch richtig eingestellt ist, die übrigen Angaben des Instruments zuweilen noch unrichtig sind, dass in einem völlig trockenen Raum der Zeiger nicht auf 0 Procent steht oder dass sich für die zwischen 0 und 100 liegenden Werthe der relativen Feuchtigkeit Abweichungen gegenüber anderen genaueren Messungsmethoden ergeben.

Ferner kommen auch bei einem richtig justirten Instrument nicht selten Ablesungsfehler vor in Folge einer durch allerlei Zufälligkeiten bewirkten erschwerten Bewegung des Zeigers. Im Allgemeinen wird daher dem Haar-

---

[1] C. Koppe, Ueber Feuchtigkeitsbestimmungen u. s. w. *Oesterreichische Zeitschrift für Meteorologie.* 1878. S. 49.

[2] A. Beer, Ueber die Bestimmung der Feuchtigkeit der Wände und hygrometrische Bestimmungen zu hygienischen Zwecken. *Erlanger Dissertation.* 1878. — Galle, Die von Hottinger & Co. verfertigten Haarhygrometer. *Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen 1882.* Berlin 1883.

hygrometer von keiner Seite das Vertrauen entgegengebracht, wie es für ein gutes zu wissenschaftlichen Beobachtungen geeignetes Instrument erforderlich ist; auch Koppe selbst empfiehlt es hauptsächlich zum Gebrauch neben dem Psychrometer. Das Urtheil Fischer's[1], der es nur als Hygroskop gelten lassen will, mag etwas zu hart sein.

Auch den Anforderungen der hygienischen Praxis entspricht die Anwendung der Haarhygrometer entschieden nicht, weil die Nothwendigkeit einer häufigen Einstellung des 100-Procent Punktes und ausserdem einer Vergleichung mit anderen Instrumenten die Einfachheit der einzelnen Ablesung mindestens aufwiegt, und weil ferner wiederholte Bestimmungen an verschiedenen Stellen eines Zimmers und in verschiedenen Räumen bei der verhältnissmässigen Trägheit des Instruments ziemlich zeitraubend werden.

Es sei noch ausdrücklich betont, dass mit dem Gesagten die Anwendbarkeit der Haarhygrometer für die approximative Controle der Luftfeuchtigkeit, wie sie das grössere Publicum im Freien und im Zimmer auszuüben liebt, selbstverständlich durchaus nicht in Zweifel gezogen werden soll.

4. Auf das August'sche Psychrometer, dasjenige Instrument, dessen sich die meteorologischen Stationen ganz allgemein zu den fortlaufenden Beobachtungen der Luftfeuchtigkeit bedienen, ist an dieser Stelle etwas näher einzugehen.

Die oft betonten Schwierigkeiten liegen bei dem Psychrometer wesentlich darin, dass für verschiedene äussere Verhältnisse Correcturen der Formel stattfinden müssen, welche zur Berechnung der Luftfeuchtigkeit aus den zwei Thermometerablesungen dient. Für die in den Wohnräumen gegebenen Verhältnisse wird gewöhnlich die einfachste Regnault'sche Formel $f = f' - Ah(t - t')$ als hinreichend genau anerkannt. In derselben bezeichnet

t die Temperatur des trocknen Thermometers,
t' die Temperatur des feuchten Thermometers,
h den Barometerstand (auf 0^0 reducirt),
f' die höchste bei t' mögliche Dampfspannung,
f die gesuchte thatsächlich vorhandene Dampfspannung,
A eine Constante.

Die letztere Grösse hört auf constant zu sein, wenn der Barometerstand bedeutend unter 760^{mm} sinkt, z. B. auf Höhen (nach Pernter[2] steigt dieselbe dann erheblich). Ferner werden die Psychrometer-Ablesungen schwierig und ungenau, wenn das feuchte Thermometer sich dem Null-

[1] *Handbuch der Architektur.* III. Die Hochbau-Constructionen. Darmstadt 1881. Bd. IV. H. Fischer, Heizung und Lüftung der Räume. S. 71 [S. 76, Anm. 31 wird erwähnt, dass vier Hygrometer in demselben Zimmer bis 19 Procent differirten].

[2] Pernter, Psychrometerstudien. *Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften.* Wien. April 1883. II. Abth.

punkte nähert. Ausserdem hat sich in sehr trocknen Klimaten, wie in Algerien und in einzelnen Gegenden Spaniens nach Angot[1] für A noch kein constanter Werth finden lassen.

Diese für den Meteorologen beachtenswerthen und Correcturen erheischenden Mängel kommen für Messungen in geschlossenen Räumen und in unseren Gegenden kaum in Betracht.

Dagegen ist eine andere Fehlerquelle bei der Messung in Wohnräumen um so bedeutungsvoller, nämlich die Abhängigkeit der Angaben des Psychrometers von der Luftbewegung. In ruhender Zimmerluft bildet sich um die feuchte Thermometerkugel eine Schicht mit Wasserdampf beladener Luft, die nur langsam ihren Dampfgehalt mit dem der Untersuchungsluft ausgleichen kann. Schon Regnault hat daher auf die Nothwendigkeit einer gewissen Luftbewegung für richtige Ablesungen mit aller Schärfe hingewiesen, und neuerdings hat man in der metereologischen Praxis begonnen vor jeder Beobachtung den geeigneten Grad von Luftbewegung künstlich zu erzeugen. Sworikin[2] empfahl eine Geschwindigkeit von mindestens 1 bis $1 \cdot 5^{m}$ in der Secunde und wies nach, dass das Psychrometer erst mit einer Ventilationsvorrichtung verbunden ein genaues Instrument wird, dessen mittlere Abweichung $0 \cdot 1^{mm}$ Dunstdruck nicht überschreitet.

Offenbar ist für die Benutzung im Zimmer die Anwendung eines Ventilationsapparats, der einen Luftstrom von bestimmter Geschwindigkeit liefert, noch unerlässlicher als für die Bestimmung im Freien, wo doch immer ein gewisser Grad von Luftbewegung vorhanden ist. Mit dieser Nothwendigkeit eines Ventilationsapparats verliert aber das Instrument völlig die einfache, compendiöse Form, die wir für die hygienische Praxis verlangen müssen.

Es liegt nun der Gedanke nahe, den Ventilationsapparat durch eine andere einfachere Einrichtung zu ersetzen; nämlich statt dass man wie beim Ventilationspsychrometer die Luft in Bewegung setzt und über die feuchte Thermometerkugel hinführt, kann man offenbar auch eine Luftbewegung an der Kugel erzeugen dadurch dass man diese selbst in der Luft bewegt. Wenn man die an einer Schnur befestigten Thermometer um eine horizontale Axe im Kreise schwingt, erhält man leicht eine gleichmässige Geschwindigkeit der Bewegung, und man wird dann mit Bestimmtheit constante Messungsresultate erwarten dürfen. Diese Ueberlegungen haben vor einigen Jahren zur Anwendung des Schleuder-Psychrometers geführt. Schon viel früher fanden die Vorzüge des Schleuder-

[1] Angot, Sur le psychométre. *Journal de Physique.* Mars 1881. T. X. p. 112.
[2] *Repertorium für Meteorologie.* Bd. VII. Nr. 8.

thermometers für eine rasche und exacte Bestimmung der Lufttemperatur vollste Anerkennung, und dasselbe wurde namentlich dann gern gebraucht, wenn die Lufttemperatur unabhängig von der strahlenden Wärme gefunden werden sollte. Aus dem Schleuderthermometer und aus der Erkenntniss der Nothwendigkeit einer Luftbewegung auch für das feuchte Thermometer entwickelte sich dann das Schleuderpsychrometer in so natürlicher und fast selbstverständlicher Weise, dass wir kaum berechtigt sind, von einer ersten Entdeckung und besonderen Construction desselben zu reden. Seit einer Reihe von Jahren wird es in der meteorologischen Litteratur hier und da empfohlen und von vielen Meteorologen ist es vermuthlich praktisch benutzt, ohne dass Jemand als der eigentliche Urheber dieser neuen Modification des Psychrometers bezeichnet werden könnte.

Macé de Lepinay[1] glaubte 1881 das Schleuderpsychrometer neu entdeckt zu haben. Ihm wurde jedoch von Angot[2] nachgewiesen, dass schon im Jahre 1855 Doyère das Schleuderpsychrometer beschrieben habe, dass es später mehrfach von Meteorologen benutzt sei und auch in der Litteratur, z. B. bei Walferdin, Erwähnung gefunden habe. Neuerdings hat Assmann[3] das Schleuderpsychrometer zur Benutzung auf meteorologischen Stationen für gewisse Verhältnisse, wo das feststehende Psychrometer ungenau wird, empfohlen. Wild[4] hat gegen Assmann's Empfehlung Einwürfe erhoben, die jedoch wesentlich nur die Verwendung des Instruments an meteorologischen Stationen, nicht aber zu hygienischen Zwecken berühren.

Es ist leicht erklärlich, dass im Grossen und Ganzen die Meteorologie kein besonderes Interesse an den Schleuderpsychrometern genommen hat. Auf den Stationen bietet die Aufstellung eines Ventilationsapparates entschieden gewisse Vortheile und die Ablesung des feststehenden Psychrometers beansprucht dann weniger Zeit und Sorgfalt seitens des Beobachters. Anders liegt die Sache bei gelegentlichen Feuchtigkeitsbestimmungen ausserhalb der Stationen und namentlich in Wohnräumen. Hier würde das Schleuderpsychrometer, wenn es wirklich rasch und genau Bestimmungen ermöglicht, vermöge seiner compendiösen Form und seiner Unveränderlichkeit allen anderen Apparaten überlegen sein und entschieden eine Lücke ausfüllen. Aber gerade für die Verhältnisse der hygienischen Praxis ist seine Brauchbarkeit und der Grad seiner Leistungsfähigkeit noch nicht näher geprüft. Ich habe es daher in einer besonderen Versuchsreihe

[1] *Journal de Physique.* Bd. X. p. 17.
[2] Ebenda. p. 112.
[3] *Zeitschrift für Meteorologie.* 1884. S. 154.
[4] Ebenda.

unternommen, das Schleuderpsychrometer mit den gebräuchlichen anderen Instrumenten zur Feuchtigkeitsbestimmung zu vergleichen, seine zweckmässigste Construction und Anwendung, sowie den richtigen Werth der Constante A speciell für die Untersuchung in Wohnräumen zu ermitteln.

Als Schleuderpsychrometer benutzte ich zwei in Fünftelgrad getheilte Thermometer, die ausgezeichnet unter einander übereinstimmten und ausserdem kürzlich mit einem Normalthermometer verglichen waren. Am oberen Ende eines jeden Thermometers, das in eine mit Oese versehene Messingkapsel gefasst war, wurden geflochtene Schnüre von solcher Länge befestigt, dass die Entfernung von der Handhabe bis zum Gefäss der Thermometer 1 m betrug. Die Kugel des einen Thermometers wurde mit einer doppelten Lage Mousselin umwickelt und vor dem Gebrauche in destillirtes Wasser getaucht. Die so aufgenommene Wassermenge genügt nachweislich für mehrere Bestimmungen. Zuerst wurde das trockene, dann das feuchte Thermometer im Kreise geschwungen und zwar mit solcher Geschwindigkeit, dass in jeder Sekunde eine Umdrehung vollendet war. 100 Kreisschwingungen reichten unter allen Umständen aus, um jedes der Thermometer auf einen festen Stand kommen zu lassen, den es durch weitere Schwingungen nicht änderte; meistens genügte eine geringere Versuchsdauer, doch ist es besser, für alle Fälle die Zahl von 100 Schwingungen als Norm beizubehalten.

Die Ablesungen müssen unter nicht zu starker Annäherung der Thermometer an den Körper vorgenommen werden; kurzsichtige Beobachter müssen geeignete Brillen benutzen. Die Theilung der Scala muss aus demselben Grunde möglichst deutlich sein; ich habe es deshalb besser gefunden, nur in $^1/_5$ Grad getheilte Thermometer zu benutzen und die Scala nur von -5^0 bis $+45^0$ reichen zu lassen; andernfalls werden entweder die Thermometer zu lang oder die Theilung zu fein. Für darunter und darüber liegende Extreme muss man eventuell besondere Thermometerpaare bereit halten. Da der Radius des Schwingungskreises 1 m misst und in der Secunde eine Schwingung gemacht wird, so beträgt die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Thermometergefäss bewegt etwa $6 \cdot 3$ m pro Secunde; dies entspricht etwa der mittleren Windgeschwindigkeit im Freien. — Zu jeder Bestimmung muss ein Beobachter 4 bis 5 Minuten verwenden. Gleichzeitiges Schwingen der Thermometer durch zwei Beobachter oder Verbindung beider Thermometer durch ein Gestell, welches an einer Schnur geschwungen wird, erhöht die Genauigkeit nachweislich nicht in merklichem Grade; vielmehr ergiebt das zuerst geschwungene Thermometer, wenn es nach dem zweiten nochmals bewegt und abgelesen wird, stets dieselben Werthe wie vorher.[1]

[1] Nach obigen Principien construirte Schleuderpsychrometer sind vom Universitäts-Mechanikus Apel in Göttingen zum Preise von 9 bez. 10 Mark zu beziehen.

Ein so hergestelltes Instrument wurde verglichen:

1. Mit der Wägungsmethode. Zu jedem Versuch wurden vier U-förmig gebogene Röhren benutzt; die ersten zwei waren mit Chlorcalciumstücken, die folgenden mit Schwefelsäure-Bimsstein gefüllt. Regelmässig hatte das dritte Röhrchen, das mit Schwefelsäure-Bimsstein gefüllt war, etwas mehr an Gewicht zugenommen, als das zweite mit Chlorcalcium gefüllte. Das Gewicht des letzten Schwefelsäureröhrchens änderte das Gewicht nie mehr als höchstens um 1 ^{mgr}. Jeder Versuch dauerte 50 Minuten bis eine Stunde, einmal nur $^1/_2$ Stunde. Das Quantum des auslaufenden Wassers bez. der durch die Apparate strömenden Luft betrug gewöhnlich über 18 ^{l}, so dass die gesammte Gewichtszunahme der U-Röhrchen mindestens 1 ^{dgr} ausmachte.

2. Mit dem Regnault'schen Thaupunkthygrometer.

3. Mit einem Koppe'schen Haarhygrometer, aus Zürich bezogen. Dasselbe hatte sich bei wiederholten Vergleichungen mit anderen Haarhygrometern diesen weit überlegen gezeigt; ausserdem wurde es vor jedem einzelnen Versuch justirt.

4. Mit dem feststehenden Psychrometer.

Die ersten Versuche wurden in einem grossen geschlossenen Zimmer vorgenommen, in welchem die Instrumente an verschiedenen Stellen, jedoch in gleicher Höhe über dem Boden, vertheilt waren. Eine Reihe von Bestimmungen wurde bei mittlerer Sommertemperatur ausgeführt, während das Zimmer weder der Sonnenstrahlung ausgesetzt noch im Innern erwärmt war. Sodann wurden in dem gleichen Zimmer trotz einer Aussentemperatur von etwa 14° zwei Heizversuche unternommen, um warme und namentlich trocknere Luft zu erhalten. Der erste derselben misslang, weil die Luft sowohl wie die Gegenstände und Wände während der Messung noch ganz ungleich erwärmt waren. Bei dem zweiten betrug die Lufttemperatur 32°, Gegenstände und Wände waren hinreichend angewärmt und der Ofen während des Versuchs schon im Erkalten begriffen. Die Resultate desselben erschienen daher benutzbar. Leider war es bei der hohen absoluten Feuchtigkeit der Aussenluft unmöglich, in dieser Versuchsreihe einen so hohen Grad der Trockenheit zu erzielen wie er im Winter in geheizten Räumen vorzukommen pflegt. — Ferner wurden zwei Versuche im Keller angeschlossen, also in kühler und feuchter Luft. Endlich wurde in einem Zimmer durch zwei Koch'sche Dampföfen eine hohe Temperatur und hohe Feuchtigkeit hergestellt.

Bei den ersten Experimenten wurde durch Wägung und Regnault's Hygrometer controlirt, im geheizten Zimmer nur durch Regnault, im Keller der mangelhaften Beleuchtung wegen nur durch Wägung, im Dampfzimmer nur durch Regnault.

Anfangs wurde der Versuch gemacht, die Constanten der bisher gebräuchlichen Psychrometerformeln zur Berechnung der Angaben des Schleuderpsychrometers zu benutzen. Die absolute Feuchtigkeit wurde nach der oben angegebenen einfachen Formel oder mit Hülfe der abgekürzten Psychrometertafeln nach der Formel Regnault's

$$f = f' - At'(t - t') - B(t - t') - C(t - t')(B - 755)$$

herausgerechnet. Die gefundenen Werthe waren indess sämmtlich zu niedrig, die Constanten A bez. A, B und C, die jenen Formeln und Tafeln zu Grunde gelegt sind, für diese Form des Psychrometers offenbar nicht passend.

Es musste daher vor allem in der üblichen Weise eine neue Constante für das Schleuderthermometer von der Construction, wie wir dasselbe für unsere Versuche benutzten, ermittelt werden. In die Gleichung

$$f = f' - Ah(t - t') \text{ [s. S. 51.]}$$

wurden für den Dunstdruck f die durch Wägung oder das Thaupunkthygrometer gefundenen Werthe eingesetzt und danach A als Unbekannte berechnet:

$$A = \frac{f' - f}{h(t - t')}.$$

Soweit Regnault's Hygrometer zur Ermittelung des wahren Feuchtigkeitsgehaltes benutzt war, ergab sich für A folgender Mittelwerth aus 12 bei einer relativen Feuchtigkeit von 41 bis 85 Procent, Barometerständen von 742 bis 751 mm, Temperaturen von 16 bis 32° C. gemachten Bestimmungen:

$$A = 0{\cdot}000\,692.$$

Wo mittelst der Wägungsmethode der Dunstdruck gemessen war, fanden sich für A etwas höhere Werthe. Das Mittel von 5, bei einer relativen Feuchtigkeit von 63 bis 89 Procent, denselben Barometerständen wie oben, Temperaturen von 12° bis 16·7° ausgeführten Messungen war:

$$A = 0{\cdot}000\,730.$$

Das arithmetische Mittel sämmtlicher 17 für A gefundenen Werthe war somit

$$A = 0{\cdot}000\,703.$$

In einer zweiten Versuchsreihe im Winter 1884 bis 1885 wurden sodann noch 25 weitere Bestimmungen der Constante mit Hülfe eines äusserst empfindlichen, mit Normalthermometern versehenen Regnault'schen Hygrometers ausgeführt, welches dem physikalischen Institute gehörte und dessen Benutzung mir von Hrn. Professor Riecke gütigst gestattet war. Diese

Versuche stellte ich, mit bereitwilliger Unterstützung seitens der Assistenten des physikalischen Instituts, HH. Dr. Meyer und Dr. Krüger, im grossen Hörsaal des genannten Institutes an, der theils geheizt, theils ungeheizt war. Vor jedem Versuch wurden die Fensterladen bis auf eine schmale Spalte zur Beleuchtung des Hygrometers geschlossen. Eine genaue nochmalige Prüfung und Vergleichung der benutzten Thermometer war vorangegangen. Das Ergebniss war ein Werth für die Constante A, welcher mit dem in der früheren Versuchsreihe festgestellten sehr nahe übereinstimmte, und im Mittel

$$A = 0{\cdot}000\,707$$

betrug.

Dieser Werth ist dem von Macé de l'Epinay gefundenen

$$0{\cdot}000\,693$$

und dem Doyère's

$$0{\cdot}000\,687$$

sehr ähnlich; er steht in der Mitte zwischen diesen und der von Sworikin[1] für das im Princip identische Ventilationspsychrometer gefundenen Constanten

$$0{\cdot}000\,725.$$

Da Sworikin Windgeschwindigkeiten von 1·5 bis 2 m benutzte, ich dagegen solche von 6 bis 7 m, so ist es erklärlich, dass seine Zahl etwas höher ausgefallen ist.

Als Mittel aus sämmtlichen 42 Bestimmungen ergiebt sich der Werth der Constante des Schleuderpsychrometers

$$A = 0{\cdot}000\,706.$$

Diese Constante wurde nunmehr in die zur Berechnung der Resultate unseres Schleuderpsychrometers benutzte Formel eingesetzt und darauf dessen Angaben über die Luftfeuchtigkeit mit denen der anderen Instrumente in Vergleich gezogen.

Gegenüber den Ergebnissen der gleichzeitig ausgeführten Wägung oder Thaupunktbestimmung ergab das Schleuderpsychrometer eine maximale Abweichung von 0·49 mm, eine mittlere Abweichung von 0·20 mm.

Das feststehende Psychrometer dagegen zeigte eine maximale Abweichung von 2·5 mm (in trockner Luft) und eine mittlere Abweichung von 1·08 mm; sein Fehler war also fünfmal so gross wie der des Schleuderpsychrometers. Die Abweichungen erfolgten zwar stets in derselben Richtung (der Dunstdruck wurde zu hoch angegeben); sie waren aber so un-

[1] *Repertorium für Meteorologie.* Bd. VII. Nr. 8. — *Oesterreichische Zeitschrift für Meteorologie.* 1881. S. 434.

regelmässig, dass das Einsetzen einer anderen Constanten den Fehler keineswegs beseitigt haben würde.

Das Koppe'sche Haarhygrometer kam in seinen Leistungen dem Schleuderpsychrometer sehr nahe. Die maximale Abweichung betrug 0·54^{mm}, die mittlere 0·26^{mm}. Für dies Instrument war aber die warme und feuchte Witterung, welche während der ersten Versuchsperiode herrschte, besonders günstig. Wie spätere Versuche zeigten, sind es namentlich die höheren, in beheizten Räumen nicht seltenen Grade von Lufttrockenheit, die stärkere Abweichungen des Instruments veranlassen.

Am besten stimmten alle Instrumente, das feststehende Psychrometer allein ausgenommen, in Räumen überein, in welchen möglichst gleichmässige Temperatur herrschte, und gleichmässige Vertheilung der Feuchtigkeit angenommen werden durfte. Als Beispiele seien die beiden folgenden Versuchsreihen angeführt, deren erste in einem mehrere Tage unbenutzt gebliebenen grossen Zimmer, deren andere in einem geräumigen Keller ausgeführt wurde.

I.

	Temperatur	Dunstdruck	Relative Feucht. %	Thaupunkt
Wägung	16·2	8·72	63·1	9·2
Regnault's Hygrometer	16·0	8·78	64·8	9·3
Koppe's Hygrometer	16·2	8·64	63·0	9·1
Schleuderpsychrometer				
Anfang der Wägung	16·3	8·64	62·6	9·1
Ende der Wägung	16·3	8·78	63·6	9·3
Feststehendes Psychrometer	16·1	9·55	70·1	10·6

II.

	Temperatur	Dunstdruck	Relative Feucht. %	Thaupunkt
Wägung	12·3	9·10	85·3	9·9
Regnault's Hygrometer	—	—	—	—
Koppe's Hygrometer	12·4	9·60	89·5	10·7
Schleuderpsychrometer	12·4	9·26	86·3	10·2
Feststehendes Psychrometer	12·4	9·45	88·0	10·5

Dagegen traten erheblich stärkerer Abweichungen unter den verschiedenen Methoden namentlich dann zu Tage, wenn eine ungleichmässige Vertheil-

lung der Temperatur im Zimmer bestand, welche die Bildung von Schichten und Zonen von verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt zur Folge hatte. In beheizten und stark ventilirten Räumen, bei Luftheizungsanlagen u. dgl. kommt es offenbar nicht selten zu solchen localen Differenzen der Luftbeschaffenheit; auch dann aber ist das Schleuderpsychrometer den anderen Instrumenten bedeutend überlegen, weil mit demselben so leicht mehrere Bestimmungen an verschiedenen Stellen des Zimmers ausgeführt werden können, und weil ferner bei jeder einzelnen Bestimmung durch das Schwingen in einem Kreise von 2 m Durchmesser ein gewisses mittleres Maass der Luftbeschaffenheit der Umgebung erhalten wird.

Die Vorzüge des Schleuderpsychrometers für den Gebrauch in der hygienischen Praxis lassen sich danach folgendermaassen zusammenfassen:

1. Das Schleuderpsychrometer ist das handlichste, am leichtesten transportabele und weitaus billigste der für eine Bestimmung der Luftfeuchtigkeit verwendbaren Apparate. Die beiden mit Schnur versehenen Thermometer finden in einem compendiösen Futteral in jeder Tasche Platz; ausserdem bedarf der Beobachter nur noch eines kleinen etwa 10 cc fassendes Fläschchens mit destillirtem Wasser zur Befeuchtung des einen Thermometers.

2. Die Handhabung und Ablesung ist so einfach, dass sie auch von Laien sehr leicht erlernt werden kann; dabei dauert eine Messung nur vier bis fünf Minuten.

3. Die Resultate sind genauer als die aller übrigen zu raschen Messungen verwendbaren Instrumente. Das Schleuderpsychrometer ist daher auch zu wissenschaftlichen Untersuchungen in allen den Fällen anzuwenden, wo die Benutzung der Wägungsmethode oder die Bestimmung mit Regnault's Hygrometer aus äusseren Gründen auf Schwierigkeiten stösst.

4. Das Schleuderpsychrometer zeigt keinerlei Schwankungen und Veränderungen seiner Leistungsfähigkeit.

5. Seine Angaben in bewohnten Räumen entsprechen am besten der mittleren Zusammensetzung der den Menschen umgebenden Luftschicht.

6. Es ist durch die leichte Ausführbarkeit wiederholter Bestimmungen am besten geeignet, örtliche und zeitliche Differenzen in der Beschaffenheit der Luft aufzudecken.

7. Da man bei der Messung mit dem Schleuderpsychrometer gleichzeitig die richtige Lufttemperatur erhält; da aber diese bei allen anderen Methoden der Feuchtigkeitsbestimmung gleichzeitig bekannt sein muss und in correcter Weise meist nur durch das Schleuderthermometer ermittelt werden kann; so ist der Zeitverlust bei der einzelnen Bestimmung im Grunde nur zur Hälfte auf Rechnung der Feuchtigkeitsmessung zu setzen, und das

Schleuderpsychrometer ist um so mehr den anderen Instrumenten an Kürze der Beobachtungsdauer überlegen.

Der einzige Nachtheil, welcher gegenüber diesen Vorzügen dem Schleuderpsychrometer vorgeworfen werden könnte, besteht darin, dass es nicht wie das Haarhygrometer und die Condensationshygrometer eine directe Ablesung der relativen Feuchtigkeit bez. des Thaupunkts gestattet, sondern eine Berechnung des Resultats nöthig macht. Dieselbe ist allerdings nach der oben besprochenen Formel sehr einfach ausführbar; ausserdem aber wird zweifellos der darin liegenden Schwierigkeit bei einer weiteren Verbreitung der Methode durch besondere Psychrometertafeln abgeholfen werden, wie sie für das feststehende Psychrometer längst im Gebrauch sind. — Uebrigens findet ein völliges Vermeiden jeglicher Rechnung auch bei den Ablesungen der relativen Feuchtigkeit und des Thaupunkts nicht statt, da, wie im Folgenden gezeigt werden wird, diese Angaben für eine hygienische Beurtheilung nicht direct verwerthbar sind, sondern vielmehr ebenfalls einer Umrechnung auf eine andere Einheit bedürfen.

Das Schleuderpsychrometer füllt somit die Lücke, welche durch das Fehlen eines für hygienische Zwecke brauchbaren Instruments zur Messung der Luftfeuchtigkeit bestand, in völlig befriedigender Weise aus.

II. In welcher Maasseinheit sind die Angaben über Luftfeuchtigkeit zu machen, damit sie dem hygienischen Bedürniss entsprechen?

Auf die Frage, welcher Grad von Luftfeuchtigkeit dem Körper zuträglich sei, sind bis in die neueste Zeit von verschiedenen Autoren ganz entgegengesetzte Antworten ertheilt. Fast jeder Reisende, der sich mit klimatologischen Beobachtungen befasste, hat eine besondere Ansicht darüber ausgesprochen, und die feuchte Seeluft hat eben so viele Lobredner gefunden wie das austrocknende Klima der nordafrikanischen Wüste. Ueber die normale Luftfeuchtigkeit unsrer Wohnungen ist die Meinungsverschiedenheit nicht minder gross. Während Krieger[1] die Trockenheit der Luft beheizter Zimmer anschuldigt, dass sie Disposition zu Katarrhen der Luftwege, zu Croup und Diphtherie erzeuge, hält Reinhard[2] dieselbe Trockenheit der Luft für ausserordentlich zuträglich und erklärt die üblichen Befeuchtungsanlagen bei Luftheizungen vielfach für überflüssig. Dieser Widerstreit der Meinungen findet seine Erklärung zum grossen

[1] C. Krieger, *Aetiologische Studien.* 2. Aufl. Strassburg 1880.
[2] H. Reinhard, *Archiv für Hygiene.* 1885. Bd. III. Hft. 2. S. 183.

Theile darin, dass Veränderungen der Luftfeuchtigkeit selten oder nie isolirt zur Beobachtung kommen, sondern stets gleichzeitig mit anderen klimatischen Einflüssen auf den Organismus einwirken; bei der Zerlegung dieser Summe und der Abschätzung der Bedeutung der einzelnen Elemente ist dann der Willkür grosser Spielraum gelassen. Vor allem aber war bisher eine richtige Anschauung über die Wirkungsweise verschiedener Grade von Feuchtigkeit deshalb unmöglich, weil als Maassstab für dieselbe allgemein die „relative Feuchtigkeit" benutzt wurde, weil diese aber thatsächlich keinen richtigen Ausdruck liefert für die Beeinflussung unseres Körpers durch den Feuchtigkeitszustand der Luft. Sobald wir versuchen das etwaige schädigende Moment in der Luftfeuchtigkeit präciser zu bezeichnen, erkennen wir leicht, dass dasselbe durchaus nicht in der relativen Feuchtigkeit, ebensowenig in der absoluten Feuchtigkeit gegeben ist, sondern dass wir uns eines ganz anderen, bisher noch wenig gebrauchten Maassstabes bedienen müssen, um verschiedene Grade von Luftfeuchtigkeit in Bezug auf ihren hygienischen Effect zu vergleichen.

Ein das Wohlbefinden des Körpers betreffender Einfluss der Luftfeuchtigkeit wird nur dadurch zu Stande kommen können, dass je nach der herrschenden Luftfeuchtigkeit die Art und Weise der Wasserentziehung vom Körper durch Verdunstung sich ändert.

Vielleicht könnte die absolute Menge des vom ganzen Körper abgegebenen Wassers als das wesentliche Moment in Frage kommen, d. h. es könnte die Quantität des durch Haut und Lungen in Dampfform ausgeschiedenen Wassers bei zu feuchter Luft geringer, bei zu trockener Luft grösser ausfallen, als es für das körperliche Wohlbefinden geeignet ist. Diese Schwankungen der gesammten Wasserabgabe pflegen jedoch die Gesundheit nur sehr wenig zu alteriren; eine zu geringe Wasserdampfabgabe kann wohl in Gemeinschaft mit anderen die Entwärmung des Körpers hindernden Momenten Gefahren bedingen, und eine zu starke Wasserentziehung ist dann von schädlichen Folgen, wenn der Ersatz des abgedunsteten Wassers durch entsprechende Zufuhr in der Nahrung behindert ist. Aber unter den gewöhnlichen Lebensverhältnissen sind wir offenbar im Stande, den Körper, ohne krankhafte Störungen zu riskiren, mit sehr verschiedener Zufuhr und Abgabe von Wasser in's Gleichgewicht zu setzen, und die Ausrüstung des Organismus mit verschiedenen Wegen zur Wasserausscheidung gestattet eine sehr vollkommene Compensirung und Regulirung. Dasjenige Verhalten der Luftfeuchtigkeit, welches auf die gesammte Menge des vom Körper abdunstenden und den Körper passirenden Wassers von Einfluss ist, kann daher nicht wohl als das wesentliche hygienisch wichtige Moment angesprochen werden. — Auch der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf einen einzelnen der verfügbaren Wege, nämlich auf die Wasser-

abdunstung von der Lungenoberfläche, ist, soweit die gesammte Menge des dort abgegebenen Wassers in Betracht kommt, nicht eigentlich von hygienischer Bedeutung. Das in den Athmungswegen abdunstende Wasserquantum hängt bekanntlich ceter. par. wesentlich ab von der absoluten Feuchtigkeit der Einathmungsluft; je geringer dieselbe ist, um so mehr Wasserdampf wird innerhalb der Lunge zugefügt, da die Exspirationsluft unter allen Umständen mit Feuchtigkeit gesättigt und zugleich annähernd auf die gleiche Temperatur von 35° erwärmt wird. Die grössten Mengen Wasserdampf sind daher in kalter, wenn auch relativ feuchter Luft zuzufügen, die kleinsten in warmer feuchter Luft. Eine erhebliche Einwirkung auf das Wohlbefinden scheint aber weder das eine noch das andere Extrem zu haben, und unser Körper hat sogar meist keinerlei richtige Empfindung von den auf diesem Wege abgegebenen Wassermengen. Namentlich ist es häufig zu beobachten, dass vermehrte Wasserausscheidung durch die Lungen keineswegs ein Gefühl von Trockenheit im Eingang des Respirationsorgans bewirkt; die Ausscheidungsgrösse kann an einem kalten, nebligen Wintertage, dessen Luft durchaus einen feuchten Eindruck auf uns hervorruft, stärker sein, als an einem warmen Sommertage, welchen wir unserem Gefühl nach als austrocknend bezeichnen.

Vermag somit die Menge des vom ganzen Körper resp. von der Lunge verdunsteten Wassers für gewöhnlich keine Gesundheitsstörung und auch keine lästige Empfindung zu verursachen, so vermuthen wir entschieden mit mehr Grund ein gesundheitschädigendes Moment in der Intensität der Wasserabdunstung von einzelnen empfindlichen Stellen der Haut und der Schleimhäute des Körpers. Es ist denkbar, dass bei einer local sehr gesteigerten Energie der Wasserverdunstung der Ersatz des abgegebenen Wassers nach der Oberfläche hin nicht schnell genug erfolgt und dass daraus gewisse störende Aenderungen an diesen Körpertheilen resultiren. Solche exponirte Stellen sind die oberflächlich gelegenen und der steten Berührung mit der äusseren Luft ausgesetzten Schleimhäute und deren Uebergang in die äussere Haut, und vor allem der Eingang zu dem Respirationsorgan. Epidermis und Epithel schützen zwar im Allgemeinen auch hier vor einem zu leichten Austrocknen; aber trotzdem wird es vorkommen, dass eine plötzlich gesteigerte Verdunstung den oberflächlichsten Lagen mehr Wasser entzieht als aus den tieferen Schichten nachrücken kann, und dann muss ein Vertrocknen der Oberfläche sowie eine Einbusse der Elasticität die Folge sein; es wird ferner zu Continuitätstrennungen kommen, sobald durch Muskelbewegungen mehrfach Zerrungen und Dehnungen der Schleimhaut stattgefunden haben; und daneben muss die Austrocknung in bedeutendem Grade einen nervösen Reiz ausüben. Somit werden wir Schmerzhaftigkeit, Hyperämie, kleine Läsionen der Ober-

fläche u. s. w. an jenen exponirten Stellen als eventuelle Folgen einer zu plötzlichen Verdunstung erwarten dürfen.

In der That begegnen uns gerade diese Symptome in den Klagen, welche in der hygienischen Praxis so oft über die Wirkung zu trockener Luft laut werden. Am meisten sind die zarter bekleideten Eingangsstellen des Respirationsorgans, Zungenwurzel, weicher Gaumen, Rachen, Kehlkopf, der lästigen Austrocknung ausgesetzt; Gefühl von Rauhigkeit oder Kitzel im Halse, weiterhin Schmerzhaftigkeit, Heiserkeit sind daher die am gewöhnlichsten zu Tage tretenden Symptome einer Schädigung durch zu trockene Luft. Aber selbst schwerere Leiden als diese vorübergehenden oder mehr subjectiven Affectionen können wohl zweifellos im Gefolge jener primären Schädigungen durch zu trockene Luft entstehen. Bei häufigerer Wiederholung desselben schädlichen Moments werden eventuell hartnäckige chronische Reizungszustände der Schleimhaut und Katarrhe sich entwickeln; und besonders bedenklich sind die Läsionen der Schleimhaut dadurch, dass sie unter Umständen Invasionspforten für Infectionserreger und damit die Disposition zu weit gefährlicheren Erkrankungen liefern können.

Derartige Schädigungen werden jedoch wesentlich nur dann auftreten, wenn die starke Wasserentziehung plötzlich und in unvermitteltem Wechsel mit geringerer Wasserabgabe stattfindet. Einer gleichmässig anhaltenden stärkeren Wasserentziehung wird sich der Körper zweifellos allmählich anpassen können. Dadurch wird es verständlich, dass der dauernde Aufenthalt in einem trockenen Klima durchaus nicht immer die geschilderten schädlichen Folgen nach sich zieht, sondern sogar meist sehr gut ertragen wird. Dagegen zeigt uns die tägliche Erfahrung, dass ein steter Wechsel zwischen feuchter und sehr trockner Luft, wie derselbe in unseren Klimaten zur Winterszeit beim abwechselnden Aufenthalt im Freien und im geheizten Raum stattfindet, ausserordentlich häufig, namentlich im Anfang der Heizperiode, Störungen im Gefolge hat. Gerade in einem derartigen Wechsel sehen wir längst mit Recht die eigentliche Ursache jener so oft beobachteten Symptome der Austrocknung der Schleimhaut und ein disponirendes Moment für Katarrhe und Krankheiten der Athmungsorgane.

Was demnach die bedeutsamste Schädigung des Körpers bedingt, ist offenbar dasjenige Verhalten der Luftfeuchtigkeit, welches eine besonders intensive Wasserverdunstung seitens der oberflächlichen Schleimhäute bewirkt; und derjenige Maassstab für die Luftfeuchtigkeit wird den hygienischen Interessen am besten Rechnung tragen, welcher die austrocknende verdunstende Wirkung der Luft unmittelbar zur Anschauung bringt; ganz abgesehen davon, dass dieses selbe Moment auch für die in zweiter Linie interessirende gesammte Wasserabgabe vom Körper von entscheidender Bedeutung ist.

Gewiss kann nun die Intensität der Wasserverdunstung seitens der feuchten Schleimhautoberflächen von keinen anderen Factoren abhängig sein, wie die Verdunstung von irgend welchen Flüssigkeitsoberflächen. Schon aus der Ableitung der Formel für die Berechnung der Psychrometerangaben, und insbesondere aus den auf die Evaporationskraft eines Klimas bezüglichen Berechnungen von Weilenmann[1] geht aber ganz unzweideutig hervor, dass für die Verdunstung weder die relative noch die absolute Feuchtigkeit in Betracht kommt, sondern ausser der Windbewegung, dem Barometerstand und verschiedenen Constanten nur derjenige Antheil der Luftfeuchtigkeit, welcher kurz als Sättigungsdeficit bezeichnet werden kann, d. h.: die Wasserdampfmenge, welche unter den jeweiligen Verhältnissen von der Luft noch aufgenommen werden kann. Dieselbe wird berechnet dadurch, dass man von der, der jeweiligen Temperatur entsprechenden, maximalenFeuchtigkeit (in mm Hg) die wirklich vorhandene, absolute Feuchtigkeit (ebenfalls in mm Hg) abzieht; die Differenz in mm Hg repräsentirt das Sättigungsdeficit. C. Flügge hat in seinem „Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden“[2] bereits im Jahre 1881 auf die Bedeutung des Sättigungsdeficits wiederholt aufmerksam gemacht und betont, dass von diesem Factor allein die Wasserverdunstung seitens der Haut und Schleimhäute abhängt und dass dieser Maassstab sowohl für Feuchtigkeitsmessungen im Freien wie auch in geschlossenen Räumen der geeignetste ist. Trotzdem hat die Meteorologie, die Klimatologie und die hygienische Praxis sich im Ganzen noch wenig mit dem Begriff des Sättigungsdeficits befreundet, sondern hat nach wie vor an der althergebrachten absoluten und relativen Feuchtigkeit festgehalten. Nur in einer im vorigen Jahre veröffentlichten Untersuchung von H. Meyer[3] ist, veranlasst durch die vorliegende Arbeit, die Bedeutung des Sättigungsdeficits für meteorologische Beobachtungen anerkannt und näher beleuchtet.

Dass wir in der That durch die bisher übliche Registrirung der absoluten und relativen Feuchtigkeit keinen richtigen Aufschluss über die austrocknende Wirkung einer Luft erhalten können, ist leicht einzusehen. Von der absoluten Feuchtigkeit hat man im Ganzen weniger Erwartungen in dieser Hinsicht gehegt und sich seltener täuschen lassen. Da die absolute Feuchtigkeit gerade an kalten Wintertagen am geringsten, im Sommer am höchsten ist, so liegt es eben für Jeden auf der Hand, dass durch eine niedrige absolute Feuchtigkeit keine austrocknende Wir-

[1] *Zeitschrift der Oesterreichischen Gesellschaft für Meteorologie.* Bd. XII.
[2] Leipzig 1881. S. 90 u. 521.
[3] *Meteorologische Zeitschrift.* Mai 1885.

kung angezeigt werden kann; und schon die alltägliche Erfahrung lehrt uns, dass an kalten Tagen so gut wie gar keine Verdunstung stattfindet, dagegen an heissen Tagen in bedeutendem Grade, selbst wenn die absolute Feuchtigkeit das drei- und vierfache derjenigen beträgt, die im Winter beobachtet wird.

Um so mehr Beachtung hat man in den letzten Jahrzehnten der relativen Feuchtigkeit geschenkt, in der Meinung, hiermit einen wesentlich richtigeren Maassstab für die Verdunstungsintensität zu bekommen. Aber auch darin hat man sich entschieden getäuscht. Allerdings geht die Verdunstung vielfach der relativen Feuchtigkeit parallel; aber dieser Parallelismus gilt nur unter der Voraussetzung gleicher Temperaturen, während bei verschiedenen Temperaturen die Zahlen für die relative Feuchtigkeit einerseits und für die Verdunstungsintensität andererseits weit auseinandergehen. Die Feuchtigkeitsprocente haben bei verschiedenen Temperaturen einen ganz anderen Wirkungswerth, weil der Zuwachs von je einem Procent je nach der Temperatur bald einen grösseren, bald einen viel geringeren Feuchtigkeitszuwachs anzeigt; bei 0° und 100 Procent Feuchtigkeit beträgt die Wasserdampfmenge der Luft etwa 5 grm pro 1 cbm; bei 30° und 100 Procent Feuchtigkeit etwa 31 grm. Jedes Procent weniger bedeutet also bei 0° eine Abnahme um 0·05 grm, bei 30° eine Abnahme um 0·3 grm, d. h. die Stufe von einem Procent zum anderen ist in letzterem Falle sechsmal so gross als im ersteren. Man bekommt daher aus den Feuchtigkeitsprocenten allein leicht eine völlig falsche Vorstellung über das wirkliche Verhalten des Wasserdampfs in der Luft.

Trotzdem ist es üblich geworden in den meisten Fällen die Luftfeuchtigkeit einfach nach den Feuchtigkeitprocenten zu beurtheilen, und man ist auf diese Weise zu allerlei merkwürdigen und mit der alltäglichen Lebenserfahrung contrastirenden Irrthümern gelangt. So ist nach Dove in Norddeutschland der Mai der trockenste Monat, während wir empirisch vom Juni und Juli eine weit stärker austrocknende Wirkung kennen gelernt haben. So betont Hann, dass an der ligurischen Küste Extreme von relativer Feuchtigkeit herrschen wie sie sonst nur in einem completen Wüstenklima gefunden werden; man beobachtet in Genua und St. Remo im Winter und Frühjahr oft nur 8 bis 13 Procent Feuchtigkeit, während in den schlimmsten Tagen des Chamsin, jenes Wüstenwindes, der durch seine austrocknende Wirkung die Bevölkerung Egyptens in Schrecken setzt, 13 bis 19 Procent Feuchtigkeit gefunden werden. Gleichwohl zeigt die Vegetation an der ligurischen Küste gewiss keinen an die Wüste erinnernden Charakter, und ebensowenig wird dort der niedrige Procentgehalt an Feuchtigkeit von den Menschen und namentlich von den zahlreichen Lungenkranken als belästigend empfunden. — Zu einem ähn-

lich paradoxen Resultat führt ferner ein Vergleich der Zahlen für die mittlere relative Feuchtigkeit im Innern der Vereinigten Staaten von Nordamerika und in Mittel- oder Westdeutschland. Beide Durchschnittswerthe differiren ganz unerheblich; und doch ist es bekannt, dass die Luft in Nordamerika eine viel stärker austrocknende Wirkung hat, dass Neubauten sogleich bezogen werden können, dass Nahrungsmittel vor dem Vertrocknen viel sorgfältiger geschützt werden müssen, als bei uns u. s. w.

Alle diese auffälligen Beobachtungen werden erklärlich, wenn man den thatsächlich auf die Austrocknung wirkenden Factor, das Sättigungsdeficit, statt der relativen Feuchtigkeit einsetzt. Die beiden auf den folgenden Seiten abgedruckten Tabellen, deren erste nach der citirten Abhandlung von H. Meyer zusammengestellt ist, geben einen Ueberblick über die zeitlichen und örtlichen Schwankungen des Sättigungsdeficits und über seine Beziehungen zur relativen und absoluten Feuchtigkeit. Aus denselben geht hervor, welch' bedeutende örtliche und zeitliche Differenzen das Sättigungsdeficit darbietet, wie erheblich stärkere Ausschläge dasselbe liefert als die anderen Maassstäbe, und wie völlig abweichend vielfach die Curven der relativen Feuchtigkeit und des Sättigungsdeficits verlaufen. Da dem letzteren die austrocknende Wirkung der Luft wirklich parallel geht, so stimmen auch alle unsere praktischen Erfahrungen mit den Angaben des Sättigungsdeficits viel besser als mit denen der relativen Feuchtigkeit überein. Borkum und Darmstadt haben z. B. im Juli eine nur wenig verschiedene relative Feuchtigkeit — 82 Procent gegenüber 68 Procent —, und zeigen fast gar keine Differenz bezüglich der absoluten Feuchtigkeit — $12 \cdot 0^{mm}$ gegenüber $11 \cdot 1^{mm}$ —, während wir doch nach allen Erfahrungen eine Differenz der Luftfeuchtigkeit zwischen beiden Orten vermuthen müssen, die dem continentalen, austrocknenden Charakter des Binnenlandes gegenüber dem feuchten Seeklima Rechnung trägt. Das Sättigungsdeficit entspricht dieser Anforderung vollkommen; wir sehen aus der Tab. 1, dass dasselbe für Borkum $2 \cdot 6^{mm}$, für Darmstadt $5 \cdot 3^{mm}$ beträgt, dass es also an letzterem Orte doppelt so gross ist und demnach die austrocknende, verdunstende Wirkung der Luft dort ebenfalls auf das doppelte steigt.

Aus der gleichen Tabelle erkennen wir ferner, dass nach den Angaben des Sättigungsdeficits nicht der Mai, sondern der Juli, und an einzelnen Orten der Juni der austrocknendste Monat ist. — Ebenso erklärt sich aus der Tabelle 2 ohne weiteres, warum die niedrigen Feuchtigkeitsprocente an der ligurischen Küste nicht eine ähnliche Wirkung haben, wie beim Wüstenwind Chamsin. In Genua ereignet sich die Abnahme der relativen Feuchtigkeit im Winter und Frühjahr, die gleichzeitigen Lufttemperaturen betragen im Mittel etwa $+ 10^{0}$; der Chamsin dagegen

Absolute Feuchtigkeit (a. F.) in Mm. Hg; Relative Feuchtigkeit (r. F.) in Procenten; Sättigungs-Deficit (S. D.) in Mm. Hg.

	Königsberg			Berlin			Breslau			Halle			Göttingen			Borkum			Darmstadt			Trier		
	a. F.	r. F.	S. D.	a. F.	r. F.	S. D.	a. F.	r. F.	S. D.	a. F.	r. F.	S. D.	a. F.	r. F.	S. D.	a. F.	r. F.	S. D.	a. F.	r. F.	S. D.	a. F.	r. F.	S D.
Januar	3·4	88	0·5	3·9	84	0·7	3·6	84	0·7	3·9	83	0·8	4·1	87	0·6	4·5	90	0·5	4·2	83	0·9	4·4	87	0·7
Februar	3·4	86	0·6	4·1	80	1·0	3·8	82	0·8	4·1	82	0·9	4·4	84	0·8	5·1	91	0·5	4·6	81	1·1	4·6	81	1.1
März	3·8	82	0·8	4·5	75	1·5	4·2	77	1·3	4·3	78	1·2	4·8	80	1·2	5·2	86	0·8	4·7	73	1·7	4·7	72	1·8
April	5·1	75	1·7	5·3	69	2·4	5·4	70	2·3	5·8	71	2·4	5·8	73	2·1	6·4	84	1·3	5·7	66	2·9	5·8	67	2·8
Mai	7·0	71	2·9	7·1	64	4·0	7·3	67	3·6	7·5	68	3·5	7·5	71	3·1	7·8	81	1·8	7·4	64	4·2	7·4	66	3·8
Juni	9·6	72	3·7	9·6	66	4·9	9·6	68	4·5	10·0	70	4·3	10·0	73	3·7	10·6	82	2·4	9·6	66	4·9	9·7	68	4·6
Juli	10·9	74	3·8	10·7	67	5·3	10·5	68	4·9	11·2	71	4·6	11·2	75	3·8	12·0	82	2·6	11·1	68	5·3	10·7	69	4·9
August	10·7	75	3·6	10·8	69	4·8	10·4	70	4·5	10·8	72	4·2	10·9	78	3·2	12·0	83	2·5	10·7	70	4·6	10·6	71	4·3
September	7·3	80	1·8	8·8	73	3·3	8·8	73	3·3	9·1	75	3·0	9·4	80	2·3	10·4	86	1·8	9·3	74	3·3	9·2	76	3·1
October	6·7	83	1·4	7·2	79	1·9	6·9	79	1·8	7·1	80	1·7	7·3	84	1·4	8·0	87	1·2	7·0	80	1·7	7·4	81	1·7
November	4·6	87	0·7	5·1	83	1·0	4·8	83	1·0	5·1	84	1·0	5·3	86	0·9	6·1	89	0·7	5·6	84	1·1	5·4	82	1·2
December	3·8	88	0·5	4·2	84	0·8	3·8	84	0·7	4·1	84	0·8	4·3	88	0·5	5·1	92	0·5	4·3	87	0·7	4·6	86	0·8

Sättigungs-Deficit in Mm. Hg.

Temperatur	Relative Feuchtigkeit										Temperatur
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
7°	6·74	5·99	5·24	4·49	3·75	3·00	2·25	1·50	0·75	0·00	7°
8°	7·21	6·42	5·61	4·81	4·01	3·21	2·41	1·60	0·80	0·00	8°
9°	7·71	6·86	6·00	5·14	4·29	3·44	2·57	1·71	0·86	0·00	9°
10°	8·25	7·34	6·42	5·50	4·59	3·67	2·75	1·83	0·92	0·00	10°
11°	8·81	7·83	6·85	5·87	4·90	3·92	2·94	1·96	0·98	0·00	11°
12°	9·41	8·37	7·32	6·28	5·23	4·18	3·14	2·09	1·05	0·00	12°
13°	10·04	8·93	7·81	6·70	5·58	4·45	3·35	2·23	1·12	0·00	13°
14°	10·71	9·53	8·35	7·15	5·96	4·76	3·57	2·38	1·19	0·00	14°
15°	11·43	10·16	8·89	7·62	6·35	5·08	3·81	2·54	1·27	0·00	15°
16°	12·19	10·83	9·48	8·12	6·77	5·42	4·06	2·71	1·35	0·00	16°
17°	12·98	11·54	10·09	8·65	7·21	5·77	4·33	2·88	1·44	0·00	17°
18°	13·82	12·29	10·75	9·22	7·68	6·14	4·61	3·07	1·54	0·00	18°
19°	14·71	13·08	11·45	9·81	8·18	6·54	4·91	3·27	1·64	0·00	19°
20°	15·65	13·91	12·14	10·43	8·70	6·96	5·22	3·48	1·74	0·00	20°
21°	16·65	14·80	12·95	11·10	9·25	7·40	5·55	3·70	1·85	0·00	21°
22°	17·69	15·73	13·76	11·80	9·83	7·86	5·90	3·93	1·97	0·00	22°
23°	18·81	16·73	14·64	12·55	10·46	8·36	6·27	4·18	2·09	0·00	23°
24°	19·96	17·74	15·53	13·31	11·09	8·87	6·65	4·44	2·22	0·00	24°
25°	21·19	18·84	16·49	14·13	11·78	9·42	7·07	4·71	2·36	0·00	25°
30°	28·39	25·24	22·08	18·93	15·77	12·61	9·46	6·31	3·16	0·00	30°
35°	37·17	33·46	29·28	25·09	20·91	16·53	12·55	8·37	4·18	0·00	35°
40°	49·42	43·93	38·44	32·95	27·45	21·96	16·73	10·98	5·49	0·00	40°

bringt regelmässig auch ausserordentlich hohe, bis über 40° sich erhebende Temperaturen. Aus Tabelle 2 ersehen wir nun, welch' enorm grosse Unterschiede im Sättigungsdeficit und in der austrocknenden Wirkung der Luft bei den gleichen Feuchtigkeitsprocenten auftreten können, je nachdem die Temperatur verschieden ist. Für + 10° haben wir bei einer relativen Feuchtigkeit von 10 Procent ein Sättigungsdeficit von 8·25 mm; für die Temperatur des Chamsin (40°) bezeichnet die gleiche procentische Feuchtigkeit ein Sättigungsdeficit von 49·42 mm; ersteres harmonirt mit den Werthen, die bei uns an warmen Sommertagen oft vorkommen und kaum als lästig und zu stark austrocknend empfunden werden, während das Sättigungsdeficit des Chamsin offenbar weit über alle hygienisch zulässigen Grenzen hinausgeht. Auch die scheinbare Uebereinstimmung zwischen der Luftfeuchtigkeit in Westdeutschland und dem Inneren von Nordamerika erklärt sich in derselben Weise; in letzterem Gebiet werden im Sommer erheblich höhere Temperaturen beobachtet als bei uns, und daraus resultirt für das wärmere Land trotz gleicher Feuchtigkeitsprocente ein

beträchtlich höheres Sättigungsdeficit und dementsprechend eine viel austrocknendere Wirkung der Luft.

Nicht minder giebt das Sättigungsdeficit für die Beobachtung der Luftfeuchtigkeit innerhalb der Wohnräume und speciell in geheizten Räumen den allein richtigen Maassstab, der uns über den Grad der austrocknenden Wirkung der Luft sofort aufklärt. Man könnte vielleicht geneigt sein, während der Heizperiode auch die relative Feuchtigkeit als einen correcten Ausdruck für die austrocknende Wirkung der Luft gelten zu lassen, weil durch die Beheizung im Allgemeinen eine gleiche Temperatur von 17 bis 19° C. hergestellt werden soll. In der That würden die Feuchtigkeitsprocente in beheizten Räumen benutzbar sein, wenn wirklich dieses Postulat der gleichmässigen Temperirung erfüllt wäre. Jeder, der sich mit Prüfungen von Heizanlagen beschäftigt hat, weiss aber, dass eine Gleichmässigkeit nur ausnahmsweise erzielt wird und dass vielmehr selbst bei im Ganzen gut functionirenden Anlagen die Temperaturen im Verlauf mehrerer Tage, oft sogar an einem Tage um 8° C. differiren; ganz abgesehen von den Extremen, die namentlich nach oben hinauf nicht selten bis 25 und 26° reichen. An kalten Wintertagen beobachtet man in der Mehrzahl der Schulen — bei Local- und Centralheizung — während der ersten Schulstunden eine Temperatur von 14 bis 15° und eine relative Feuchtigkeit von 50 Procent, Nachmittags dagegen eine Temperatur von 22 bis 23°. In diesen Nachmittagsstunden ist schon oft eine austrocknende Wirkung der Luft von Lehrern und Schülern auf's unangenehmste empfunden; aber die Zahlen für die relative Feuchtigkeit harmonirten durchaus nicht mit diesen Empfindungen, da sie wohl eine Abnahme, z. B. auf 40 Procent, zeigten, die aber doch zu geringfügig war, als dass daraus eine Erklärung für die veränderte Wirkung der Luft zu entnehmen gewesen wäre. Bestimmt man dagegen in solchen Fällen das Sättigungsdeficit, so stellt sich dieses für 14° und 50 Procent Feuchtigkeit auf $5 \cdot 96^{mm}$; für 22° und 40 Procent Feuchtigkeit auf $11 \cdot 8^{mm}$; d. h. die austrocknende Wirkung der Luft hat Nachmittags gegenüber der Luft der Morgenstunden um etwa 100 Procent zugenommen.

Construirt man allerdings Mittelzahlen für längere Beobachtungszeiten, dann erscheinen die Temperaturen beheizter Räume gleichmässiger und der Maassstab der relativen Feuchtigkeit entsprechend brauchbarer. Aber eine derartige Herstellung von Durchschnittswerthen ist gewiss nicht geeignet, um eine richtige Vorstellung von dem hygienischen Effect einer Heizanlage zu verschaffen. Eine niedrige Anfangs- und hohe Endtemperatur desselben Tages können dann wohl eine normale Mittelzahl ergeben, aber der Effect des ganzen Ganges der Temperatur kann so ungünstig wie möglich gewesen sein; und ebenso werden die Schwankungen von

einem Tag zum anderen durch die Mittelzahlen lediglich verwischt und der Kritik entzogen. Trägt man dagegen der Veränderlichkeit der Temperaturen während der Heizperiode dadurch Rechnung, dass man die Grösse der Tagesschwankung und die Differenz zwischen den einzelnen Tagen registrirt, dann ergiebt sich auch sofort die Nothwendigkeit, den Feuchtigkeitszustand der Luft in beheizten Räumen nicht nach der relativen Feuchtigkeit, sondern nach dem Sättigungsdeficit zu beurtheilen.

Offenbar sind auch schon früher verschiedene Beobachter, die über das Verhalten der Luftfeuchtigkeit in geschlossenen Räumen Studien gemacht haben, zu der Ueberzeugung gelangt, dass die relative Feuchtigkeit keinen brauchbaren Maassstab für das hygienische Urtheil liefert. Krieger[1], der in einigen Privathäusern Untersuchungen über das Verhalten der Luftfeuchtigkeit anstellte, sowie die Commission[2], welche die Luftbeschaffenheit der Berliner städtischen Schulen im Jahre 1879 begutachtete, benutzten daher Apparate, mit deren Hülfe eine directe Bestimmung des in der Zeiteinheit verdunsteten Wassers ermöglicht wurde und strebten somit eine Kenntniss desjenigen Factors der Luftfeuchtigkeit an, welcher eben durch das Sättigungsdeficit ausgedrückt wird. Ebenso hat Rietschl[3] bei seinen neuerdings veröffentlichten Untersuchungen über die Heizanlagen in Berliner Schulen dadurch vergleichbare Werthe für die Luftfeuchtigkeit zu erhalten versucht, dass er die in Wirklichkeit bei sehr verschiedenen Temperaturen gefundenen Feuchtigkeitsprocente auf eine einheitliche Temperatur (+ 20°) reducirte. Durch dieses Verfahren wird allerdings eine für manche Zwecke brauchbare Vergleichsfähigkeit hergestellt, aber abgesehen von dem rechnerischen Umwege, wird das wahre Bild des Verhaltens und des hygienischen Effects der untersuchten Luftbeschaffenheit ganz wesentlich beeinträchtigt.

Für die hygienische Beurtheilung der Luftfeuchtigkeit sowohl im Freien wie in geschlossenen Räumen ist somit das Sättigungsdeficit entschieden der correcteste und geeignetste Maassstab, und es ist wünschenswerth, dass wir uns bei den Angaben über Luftfeuchtigkeit dieses Maassstabes in erster Linie bedienen. Für mancherlei Fälle ist selbstverständlich auch die Kenntniss der absoluten und der relativen Feuchtigkeit von Werth; aber die überwiegende Mehrzahl der hygienischen Fragen erfordert nur ein Urtheil über die austrocknende Wirkung der Luft, und diese wird allein von dem Sättigungsdeficit richtig angezeigt.

Fragen wir, auf welchem Wege wir am besten zu einer Kenntniss

[1] *Aetiologische Studien.* Strassburg 1880.

[2] Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen u. s. w. im Auftrage des Magistrats zu Berlin. *Verlag der Deutschen Bauzeitung.* Berlin 1879.

[3] *Lüftung und Heizung von Schulen.* Berlin 1886.

des Sättigungsdeficits in jedem Einzelfall gelangen, so könnte man zunächst versucht sein, dasselbe in jedem Einzelfall direct experimentell zu bestimmen. Offenbar ergeben die zahlreich construirten Atmometer oder Verdunstungsmesser nichts anderes, wie das Sättigungsdeficit, da cet. par.. und namentlich in geschlossenen Räumen, die Verdunstung dem letzteren proportional vor sich geht. Krieger versuchte eine solche atmometrische Messung durch einfache, mit Wasser gefüllte Gefässe annähernd auszuführen, die von Zeit zu Zeit gewogen wurden. Ein ebenfalls sehr einfaches Atmometer ist das von Pliche construirte. das aus einer graduirten, mit Wasser gefüllten Röhre und einem diese bedeckenden Blatt Kupferstecherpapier als Verdunstungsfläche besteht. Ein anderes handliches Instrument wurde von der zur Begutachtung der Berliner Schulen eingesetzten Commission verwendet; dasselbe besteht in einer Art von Aräometer, das auf der Spitze eine horizontale Metallscheibe und auf dieser ein Stück Filtrirpapier von bekannter Grösse trägt; das Aräometer schwimmt in einem Becherglase mit Wasser und taucht bis zu einem gewissen Punkte ein; nach Befeuchtung des Filtrirpapiers sinkt es tiefer, um dann je nach der Intensität der Wasserverdunstung schneller oder langsamer wieder aufzusteigen; an einer Scala lässt sich die Höhe, um welche das Instrument nach einer bestimmten Zeit gehoben ist, ablesen. Ausser diesen praktisch benutzten Apparaten sind dann noch eine grosse Reihe anderer Atmometer construirt, die indess alle schon durch ihre Complicirtheit für die hygienische Praxis nicht verwendbar sind.

Weder die complicirteren noch die einfacheren Constructionen von Atmometern geben aber hinreichend genaue und für unsere Zwecke brauchbare Resultate. Die meisten, und namentlich auch das von der Berliner Commission benutzte Instrument, trifft zunächst der gleiche Vorwurf, welcher schon gegen die Benutzung des feststehenden Psychrometers in geschlossenen Räumen erhoben werden musste, nur in bedeutend stärkerem Grade. Es ist nämlich unausbleiblich, dass ohne besondere Mittel zur Bewegung der Luft in der nächsten Umgebung der verdunstenden Fläche eine lokale Anhäufung von Wasserdampf stattfindet, die in einem je nach den äusseren Verhältnissen wechselnden Grade die Wasserverdunstung beeinträchtigt; es können deshalb weder absolut richtige noch auch relativ richtige, mit der gleichen Abweichung behaftete Werthe mit Hülfe dieser Atmometer erhalten werden. Ferner geben alle Verdunstungsmesser begreiflicherweise nur nach längerer Zeitdauer merkliche Ausschläge, und wir erhalten demgemäss nur Integralwerthe; während es doch in der Mehrzahl der Fälle unsere Aufgabe ist, von dem momentanen und zeitlich wechselnden Verhalten der Luftfeuchtigkeit Kenntniss zu erlangen.

und während es für die praktische Ausführung der Messungen jedenfalls von grösster Wichtigkeit ist, dass dieselben in kurzer Frist beendet sind.

Bezüglich der Ermittlung des Sättigungsdeficits sind wir demnach immer wieder auf eine der oben besprochenen genauen und doch einfachen Methoden der Feuchtigkeitsmessung angewiesen, und wir werden daher das Sättigungsdeficit aus dem Gewicht des Wasserdampfes, aus dem Thaupunkt, aus der relativen Feuchtigkeit oder aus der Psychrometerdifferenz berechnen müssen. Diese Berechnung ist aber bei der Benutzung des Schleuderpsychrometers genau so einfach wie bei irgend einer der anderen Methoden; und es wird damit der letzte Einwand, der gegen das Schleuderpsychrometer erhoben werden könnte, hinfällig, dass nämlich die Resultate nicht wie beim Haarhygrometer in der abgelesenen Zahl fertig gegeben seien. Es ist ja nunmehr auch bei den Haarhygrometern eine directe Ablesung des definitiven und hygienisch brauchbaren Resultats, d. h. des Sättigungsdeficits, ohne Rechnung nicht möglich; und dieselben verlieren dadurch ihren letzten und einzigen Vortheil gegenüber dem Schleuderpsychrometer, das im übrigen so viele und wesentliche Vorzüge vor allen anderen Feuchtigkeitsmessern besitzt. — Die Rechnung wird sich noch einfacher gestalten, wenn erst für den Gebrauch des Schleuderpsychrometers Tafeln herausgegeben sein werden, in welchen die Zahlen für das Sättigungsdeficit aus dem Stande des trockenen Thermometers und aus der Temperaturdifferenz zwischen trockenem und feuchtem Thermometer einfach abgelesen werden können. Aber auch vorläufig ist die Berechnung durch Subtraction der in üblicher Weise gefundenen absoluten Feuchtigkeit von der dem trockenen Thermometer entsprechenden maximalen Dampfspannung leicht auszuführen.

III. Welcher Grad von Luftfeuchtigkeit ist als Norm für beheizte Räume aufzustellen?

Mit Hülfe des Schleuderpsychrometers als Messinstrument und mit Hülfe des Sättigungsdeficits als Maasseinheit lässt sich zweifellos eine für hygienische Zwecke verwerthbare Bestimmung der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen ausführen. Um aber ein Urtheil über die Zulässigkeit oder Schädlichkeit eines gewissen Grades von Luftfeuchtigkeit abzugeben, bedarf es noch bestimmter Vereinbarungen über die Grenzen, innerhalb deren sich normaler Weise das Sättigungsdeficit bewegen darf.

Bisher haben wir bezüglich der Luftfeuchtigkeit schon aus dem Grunde zu keiner acceptablen Norm kommen können, weil die Vorschläge immer nur in relativer Feuchtigkeit gemacht wurden, weil aber die gewöhnlich proponirten 40 bis 60 Feuchtigkeitsprocente eine ganz verschiedene Be-

deutung erlangen je nach der Temperatur, welche in den Wohnräumen hergestellt wird. Es ist ausserdem wahrscheinlich, dass im Ganzen die zulässige untere Grenze der Luftfeuchtigkeit bisher etwas zu niedrig fixirt wurde, weil durchschnittlich im Freien ein Feuchtigkeitsgehalt von 40 Procent allerdings noch nicht als etwas schädliches empfunden wird und weil man übersehen hat, dass die gleichen 40 Procent bei den oft sehr hoch erwärmten Wohnräumen einen enorm austrocknenden Effect haben müssen.

Wollen wir die zulässigen Grenzen der Luftfeuchtigkeit festsetzen, so werden wir auch dabei das Sättigungsdeficit als Maassstab benutzen müssen; und wir werden zweckmässig diejenigen Grade desselben als zulässig bezeichnen, welche erfahrungsgemäss im Freien ohne Störung ertragen und nicht als lästig empfunden werden. Mit Rücksicht auf die Schwierigkeiten, welche einer künstlichen Zufuhr grösserer Feuchtigkeitsmengen in geheizten Räumen entgegenstehen, werden wir aber dabei mit der Grenze der zulässigen Trockenheit der Luft so viel als möglich heruntergehen müssen. Beispielsweise dürfte vielleicht das höchste im Freien beobachtete Monatsmittel des Sättigungsdeficits als diejenige Grenze des Feuchtigkeitsgehalts normirt werden, welche in anhaltend, für längere Zeit benutzten Wohnräumen einzuhalten ist; dasselbe beträgt $= 5 \cdot 3^{mm}$.

Für kürzeren Aufenthalt und für eine vorübergehende Beschaffenheit der Luft werden wir mit dieser Grenze noch weiter heruntergehen und die Feuchtigkeit noch mehr beschränken dürfen. In diesem Falle haben wir ein zweckentsprechendes Beispiel an jenen heissen Sommertagen Norddeutschlands, welche bei östlichen Winden ein sehr starkes Sättigungsdeficit

	Temperatur	Absolute Feucht.	Relative Feucht.	Sättigungs-deficit.	Wind-richtung
3. Juli 1884 6^h	19·0	13·4	82	2·95	O—SO
2^h	29·4	12·5	41	17·98	O—SO
10^h	21·4	12·7	67	6·25	O—SO
Mittel	23·3	12·9	63	8·37	
4. Juli 1884 6^h	19·8	13·8	80	3·38	SO
2^h	30·4	12·0	37	20·28	SO
10^h	21·3	12·2	65	6·24	SO
Mittel	23·8	12·7	61	9·22	
5. Juli 1884 6^h	20·2	12·8	73	4·81	SO—NO
2^h	28·4	12·2	43	16·57	SO—NO
10^h	23·4	14·3	67	7·11	SO—NO
Mittel	24·0	13·1	61	9·08	

mit sich bringen und Anlass geben, dass wir auch beim Aufenthalt im Freien bereits anfangen, unter der austrocknenden Wirkung der Luft zu leiden. Im Jahre 1884 wurden in Berlin am 3., 4., 5. Juli eine derartige Witterung beobachtet (s. Tab. a. v. S.).

Wie aus der vorstehenden Tabelle, deren Zahlen den Aufzeichnungen des statistischen Bureaus der Stadt Berlin entnommen sind, hervorgeht, hat sich das Sättigungsdeficit an diesen Tagen im Mittel zwischen 8·0 und 9·0 mm bewegt, während es in den Mittagsstunden, wo Hitze und Trockenheit sich bis zur Unerträglichkeit steigerten, die Grösse von 20 mm erreicht hat. Jenes mittlere Sättigungsdeficit von 8·0 bis 9·0 mm, das immerhin schon eine gewisse Belästigung mit sich bringt, dürfte vielleicht als äusserste zulässige Grenze auch für eine vorübergehende Luftbeschaffenheit in beheizten Räumen festzusetzen sein.

Bis jetzt werden diese Zahlen noch oft überschritten und daher werden so häufig jene Klagen laut über die austrocknende und die Respirationsorgane reizende Beschaffenheit der Heizluft. Mehr als andere Heizanlagen haben Luftheizungen zu solchen Klagen Anlass gegeben; man hat aber hierfür eine Erklärung nicht sowohl in den Resultaten der Luftfeuchtigkeit gefunden, welche man immer nur als relative Feuchtigkeit bestimmte und welche dann nur ganz geringe Abweichungen gegenüber anderen Heizanlagen ergab; sondern man hat vielmehr vermuthet, dass der Staub oder die brenzlichen Producte, welche nicht selten bei Luftheizungen in die Zimmerluft gelangen, die eigentliche Ursache jener störenden Symptome sind. Gewiss werden diese Beimengungen mit betheiligt sein und oft die lästigen Folgen vermehren; aber ausserdem ergiebt sich in zwangloser Weise eine für viele Fälle ausreichende Erklärung für die austrocknende Wirkung der Luftheizungen, sobald wir die Feuchtigkeit durch das Sättigungsdeficit messen. Gerade bei Luftheizungen kommt es nämlich erfahrungsgemäss leichter wie bei anderer Beheizung zu zeitweise sehr gesteigerten Temperaturen, und durch diese erhalten wir selbstverständlich ein entsprechend höheres Sättigungsdeficit sowie eine lästig fallende Trockenheit der Luft, die sich allerdings in den Feuchtigkeitsprocenten nicht ausspricht. Die Verhältnisse liegen ferner bei der Luftheizung noch deshalb besonders ungünstig, weil hier die ausgiebige Ventilation und lebhafte Luftbewegung fortwährend dafür sorgt, dass die Luft stets in ihrem vollen Evaporationsvermögen mit den exponirten Schleimhäuten der Bewohner in Berührung kommt, während bei weniger starkem Luftwechsel weit leichter eine Zone feuchterer Luft in der nächsten Umgebung der reichlich Wasser abdunstenden Menschen gebildet werden kann.

Bestimmt man in der Praxis die Werthe des Sättigungsdeficits, die

in beheizten Räumen vorkommen, so gelangt man in der That oft zu Zahlen, wie sie sich fast nur in einem Wüstenklima wieder finden. Messungen, die theils in Privatwohnungen mit Local- und Centralheizungen, theils in dem mit Luftheizung versehenen Gymnasium in Göttingen vorgenommen wurden, ergaben häufig ein Sättigungsdeficit von 12 bis 16^{mm}, in einzelnen Fällen bis zu 18^{mm}. — Diese excessiven Grade von Trockenheit müssen um so verderblicher wirken, als die Bewohner im Winter einem fortgesetzten Wechsel zwischen einem sehr niedrigen Sättigungsdeficit im Freien und jener hochgradig trockenen Luft in den Wohnräumen ausgesetzt sind; ein derartig schroffer Wechsel findet beim Aufenthalt im Freien in keinem Klima jemals statt, und wir dürfen uns gewiss nicht darüber wundern, dass diesen künstlichen und völlig abnormen Verhältnissen gegenüber auch das Accomodationsvermögen des gesundesten Körpers schliesslich versagt.

Eine sichere Norm für die zulässigen Grade von Luftfeuchtigkeit wird sich allerdings erst aufstellen lassen, wenn eine viel grössere Zahl von Beobachtungen aus der Praxis vorliegen, als sie mir jetzt zu Gebote stehen. Nach den im Vorstehenden gegebenen Daten dürfen wir indess wohl hoffen, dass in Zukunft solche Beobachtungen leichter ausführbar und für die Erkenntniss der hygienischen Bedeutung der Luftfeuchtigkeit besser verwerthbar sein werden, wenn zur Messung das einfache und genaue Schleuderpsychrometer und bei der Zusammenstellung der Resultate das Sättigungsdeficit als Maasseinheit benutzt wird.